

PROCÉDÉ D'AMÉLIORATION D'IMAGES D'EMPREINTES DIGITALES

La présente invention se rapporte au domaine du traitement de l'image.

5

La présente invention se rapporte plus particulièrement à un procédé d'amélioration de l'image d'empreintes digitales dans le but de faciliter l'extraction des paramètres nécessaires à une reconnaissance d'empreinte.

10

L'art antérieur connaît déjà par la demande WO03/079274 un procédé d'amélioration des images d'empreintes digitales, où les images enregistrées sont traitées à partir de blocs de l'image initiale en utilisant des filtres de Gabor adaptés à des quantités caractéristiques de chaque bloc. Plus précisément, le traitement décrit comprend les étapes successives suivantes :

15

- calcul des gradients locaux  $G$  de l'image initiale ;
- 20 - calcul de l'espacement  $R$  entre les lignes, correspondant à une fréquence ;
- découpage de l'image de départ en différents blocs ;

20

puis, pour chaque bloc :

25

- calcul de l'orientation du bloc et de la variance de l'orientation à l'aide du gradient  $G$  ;
- calcul de la fréquence du bloc et sa variance à l'aide de  $R$  ;
- 30 - construction de filtres de Gabor à partir de ces paramètres ;
- filtrage des blocs à l'aide des Gabor ;
- ajout du bloc filtré à l'image finale.

30

L'inconvénient d'une telle méthode est que les orientations sont calculées à partir des gradients locaux de l'image initiale avant l'application du ou des filtres de Gabor. Cette image pouvant être de très mauvaise qualité, les erreurs obtenues dans les calculs des gradients ont des conséquences très néfastes sur les paramètres choisis du ou des filtres de Gabor et donc sur la qualité de l'image finale utilisée pour l'extraction.

10

L'art antérieur connaît également par la publication de Hong et Al. « Fingerprint Enhancement » une méthode d'amélioration d'empreintes. Cette publication mentionne l'intérêt de filtrer l'image par des filtres de Gabor avant de faire des choix d'orientations. Cependant, la publication utilise pour de tels filtres de Gabor une fréquence moyenne fixée ici à 60 cycles par hauteur d'image.

L'inconvénient d'une telle méthode est qu'en réalité, il est faux de considérer que l'espacement des lignes est fixe, et encore une fois, une telle hypothèse est très néfaste pour la qualité des résultats.

On connaît également, par la publication scientifique XP010614029 de Okombi-Diba et Al. « Segmentation of spatially variant image texture », un procédé pour caractériser les textures d'image et segmenter cette image selon ces textures. Le procédé se base sur l'utilisation d'ondelettes de Gabor par des filtres de Gabor. Un tel procédé est uniquement utilisé pour la détermination de textures.

La présente invention entend remédier aux inconvénients de l'art antérieur en calculant les orientations de l'image après un filtrage adapté à l'image.

5 Pour ce faire, la présente invention est du type décrit ci-dessus et elle est remarquable, dans son acception la plus large, en ce qu'elle propose un procédé d'amélioration d'une image d'empreinte digitale comprenant au moins des étapes de :

- 10
- normalisation de l'image initiale ;
  - détermination de la zone utile de l'image ;

Et caractérisé en ce qu'il comprend en outre des étapes successives de :

- 15
- découpage de l'image en une pluralité de blocs ;
  - calcul de la FFT de chaque bloc ;
  - détermination des fréquences des blocs d'image à partir desdites FFT ;
- 20
- application de filtres de Gabor de paramètres déterminés par lesdites fréquences ;
  - détermination des orientations de l'image.

Avantageusement, lesdits blocs comprennent des zones de chevauchement.

25

De préférence, lesdites fréquences des blocs sont déterminées par la fréquence la plus importante dans une bande de fréquence de plus haute énergie.

30 De préférence, ladite étape de détermination des fréquences des blocs d'image comprend en outre une étape

d'évaluation de la pertinence du calcul des valeurs desdites fréquences.

Avantageusement, en cas de non-pertinence d'une  
5 desdites fréquences, ladite fréquence est recalculée à  
partir d'une fonction de la FFT initiale.

Selon un mode de réalisation, la non-pertinence d'une  
desdites fréquences est évaluée par rapport à un seuil  
10 prédéterminé.

De préférence, ladite étape de détermination des  
orientations de l'image comprend en outre une étape  
d'évaluation de la pertinence du calcul des valeurs desdites  
15 orientations.

Avantageusement, lesdites filtres de Gabor ont pour  
paramètres d'orientation  $0^\circ$ ,  $22,5^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $67,5^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $112,5^\circ$ ,  
20  $135^\circ$ , et  $157,5^\circ$ .

De préférence, ladite étape de détermination des  
orientations comprend les étapes consistant à :

- reconstituer des images à partir desdits filtrages  
de Gabor desdits blocs ;
- 25 - calculer l'intensité moyenne de chaque image  
filtrée pour des zones de taille prédéterminée ;
- créer une nouvelle image d'orientation contenant  
l'orientation du bloc de plus forte intensité ;
- créer une nouvelle image de qualité contenant  
30 l'intensité du bloc de plus forte intensité ;
- filtrer ladite image des orientations.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre des étapes de création d'une image finale fusionnée à partir desdites orientations, de binarisation et de squelettisation de ladite image finale fusionnée pour la  
5 détection des minuties.

On comprendra mieux l'invention à l'aide de la description, faite ci-après à titre purement explicatif, d'un mode de réalisation de l'invention, en référence aux  
10 figures annexées où :

- la figure 1 illustre le prétraitement de l'image brute ;
- la figure 2 illustre l'amélioration de l'image par  
15 filtrage.

Illustré figure 1, le premier bloc fonctionnel selon l'invention est un bloc de pré-processing. Il permet à l'image d'être traitée ultérieurement dans des conditions  
20 satisfaisantes.

Ce bloc prend en entrée l'image brute Ib issue du capteur d'empreintes digitales et lui applique différents prétraitements. Ces prétraitements sont de type connu et  
25 consistent en une normalisation de l'image ainsi qu'en une première détermination de la zone utile de l'image, c'est-à-dire la zone contenant l'image d'empreinte.

Pour la normalisation globale, on fixe la moyenne globale de tous les pixels de l'image ainsi que leur écart type à une valeur prédéterminée, par exemple moyenne = 127  
30 et écart-type=50 en niveau de gris.

Ainsi, si  $N=L*H$  est le nombre total de pixels de l'image brute et  $Ib(x)$  la valeur du  $x$ ième pixel de l'image brute, on calcule :

$$M_b = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} Ib(x)$$

5

$$\text{Puis la déviation } D_b = \sqrt{\frac{1}{N} \sum Ib(x)^2 - M_b^2}$$

Et la nouvelle image normalisée est, si on a fixé la nouvelle moyenne à  $M_0$  et la déviation à  $D_0$  :

10

$$In(x) = M_0 + \frac{(I_b(x) - M_b) \times D_0}{D_b}$$

On applique également un masque de type connu à partir des moyennes et des écart-types locaux. À partir de cette zone utile, l'image est retaillée. Le retaillage de l'image satisfait à deux objectifs : d'une part, elle permet de réduire la taille de l'image afin de diminuer les temps de traitement lors de la génération du gabarit. Cette diminution de la taille de l'image permet également de limiter les risques de fausse détection de minutie à des endroits de l'image ne faisant pas partie de l'empreinte digitale elle-même. D'autre part, elle permet de générer une image dont la taille sera un multiple de la taille d'un certain nombre de blocs se chevauchant, utilisés pour l'amélioration de l'image, afin de faciliter le traitement de ces blocs.

25

En sortie de cette première étape, on obtient une image normalisée retaillée  $I_p$ .

30

A partir de cette image retaillée  $I_p$ , on applique le bloc fonctionnel d'amélioration de l'image lui-même illustré figure 2.

- 5           On découpe d'abord l'image en blocs de taille  $T_{enh} \times T_{enh}$ , avec typiquement  $T_{enh} = 64$  pixels. Ces blocs se chevauchent de  $T_{chev}$  afin d'éviter les effets de bord dans les traitements ultérieurs.
- 10           On applique ensuite un algorithme de FFT sur chacun des blocs afin d'obtenir leur transformée de Fourier. On peut noter que sur de tels blocs, l'orientation des lignes ainsi que les espacements varient peu, donc la valeur obtenue dans l'espace réciproque est normalement très
- 15 localisée. Cependant, il convient de définir une fréquence moyenne pour le bloc.
- Cette fréquence est obtenue de la façon suivante : on applique d'abord l'algorithme permettant de calculer le spectre du bloc FFT en coordonnées polaires. L'utilisation
- 20 de coordonnées polaires est commode car elle permet de distinguer facilement les composantes du bloc représentant la fréquence de celles représentant l'orientation. On applique ensuite un algorithme de détection de la fréquence la plus importante dans chaque bloc. Pour évaluer cette
- 25 fréquence, chaque bloc est découpé en  $N_{bandes}$  bandes de fréquence, avec typiquement  $N_{bande} = 8$ . On choisit ensuite la fréquence la plus importante dans la bande de fréquence de plus haute énergie. Cet algorithme permet aussi d'évaluer la pertinence de sa mesure. Cette valeur de pertinence est
- 30 calculée en utilisant un rapport entre l'énergie de la fréquence la plus importante des bandes et l'énergie moyenne des autres bandes. Pour certains blocs dont la mesure de fréquence est jugée non pertinente, une nouvelle évaluation

est réalisée en interpolant la valeur à partir de celle de ses voisins.

Cet algorithme permet donc d'obtenir une bonne  
5 estimation de la fréquence moyenne des lignes d'empreintes pour chaque bloc, ainsi qu'un indice de confiance correspondant à la fidélité de cette estimation.

De façon conditionnelle, pour les blocs dont la  
10 qualité d'estimation de la fréquence est trop faible, un nouveau traitement est appliqué. La FFT est globalement multipliée par elle-même afin d'augmenter les pics de fréquence et d'éliminer les fréquences faibles parasites. Une normalisation est ensuite effectuée afin de ne pas  
15 générer de données saturées. Plus précisément, si ReFFT est la partie réelle de la FFT et ImFFT sa partie imaginaire, on calcule pour chaque point,  
$$pseudoMagnitude(x) = (ReFFT(x)^2 + ImFFT(x)^2)^n \quad \text{avec} \quad n=0.25$$
  
typiquement et on choisit pour nouvelles coordonnées de la  
20 FFT :  $ReFFT(x) = ReFFT(x) * pseudoMagnitude(x)$  et  $ImFFT(x) = ImFFT(x) * pseudoMagnitude(x)$ . La normalisation se fait alors en divisant chaque valeur complexe de la FFT par le Max des magnitudes du bloc.

25 Le bloc fonctionnel d'amélioration est alors appliqué grâce à cette carte des fréquences Fréq par des filtres de Gabor.

Les filtres de Gabor sont des filtres sélectifs en  
30 orientation et en fréquence. Ils permettent de faire ressortir des lignes espacées selon une certaine fréquence et orientées dans une certaine direction. Le principe de notre algorithme de filtrage est donc d'utiliser un banc de



filtres de Gabor, dont la fréquence est déterminée par les fréquences Fréq définies plus haut. On utilise Nori orientations différentes pour définir les orientations du banc de filtre, avec typiquement Nori =8 pour des orientations de 0°, 22,5°, 45°, 67,5°, 90°, 112,5°, 135°, et 157,5°. Les blocs sont filtrés par les Nori filtres, et Nori images sont reconstituées à partir des différents filtrages des différents blocs.

10           A partir de ces Nori images, on procède à la détermination des orientations des images filtrées selon le processus suivant : on effectue une première estimation de l'orientation en calculant l'intensité moyenne de chaque image filtrée pour des blocs de taille TblocA, avec  
15           typiquement TblocA = 4. On écrit alors dans une image Ori, l'orientation du bloc de plus forte intensité, et dans qual2, l'intensité de ce bloc.

20           La carte des orientations Ori ainsi obtenue présentant de nombreuses discontinuités, on applique un filtre médian afin de réduire celles-ci et obtenir une représentation plus homogène.

25           On recherche ensuite dans l'image Ori ainsi filtrée toutes les régions formées par des pixels connexes ayant la même orientation. On va ensuite filtrer ces régions en fonction de leur taille et de leur orientation dans l'image. Pour cela, on remplace les régions qui sont trop différentes de leurs voisins, selon un seuil prédéfini, par la valeur  
30           d'orientation la plus probable, calculée en fonction de l'orientation et de la qualité des différents pixels voisins du pixel de la région traitée. La carte de qualité qual2 est

mise à jour en fonction de l'intensité des pixels modifiés lors de ce traitement.

On applique ensuite le même traitement mais pixel par pixel, afin de réduire les problèmes dus à des changements brusques d'orientation. Pour effectuer ce traitement, on recherche tous les pixels dont la valeur est trop différente de celle de ses voisins. On applique alors après une dilatation de l'image des pixels à traiter le même  
5  
10 algorithme de remplacement des orientations que précédemment pour les pixels à traiter. La carte de qualité qual2 est mise à jour en fonction de l'intensité des pixels modifiés lors de ce traitement

15 On recherche ensuite une dernière fois les régions qui sont trop différentes de leurs voisines afin de déterminer si les traitements effectués avant ont eu ou non un effet bénéfique. Si ce n'est pas le cas, on marque ces régions comme mauvaise dans la carte de qualité qual2.

20

Enfin, on applique un filtre médian à cette carte de qualité.

En fonction de la carte des orientations calculées  
25 précédemment, on sélectionne les pixels à écrire dans l'image fusionnée finale. Ainsi, en fonction de la carte des orientations, on choisit chaque pixel dans une des Nori images filtrées. Afin de rendre les transitions plus douces, une interpolation entre les différentes orientations est  
30 réalisée aux frontières de chaque bloc.

L'image fusionnée ainsi obtenue est alors binarisée et squelettisée de façon connue pour permettre la détection des

minuties, la carte de qualité qual2 servant à déterminer la pertinence de chaque minutie.

5 L'invention est décrite dans ce qui précède à titre d'exemple. Il est entendu que l'homme du métier est à même de réaliser différentes variantes de l'invention sans pour autant sortir du cadre du brevet.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'amélioration d'une image d'empreinte digitale comprenant au moins des étapes de :

- 5       - normalisation de l'image initiale ;
- détermination de la zone utile de l'image ;  
      et caractérisé en ce qu'il comprend en outre des étapes successives de :
  - découpage de l'image en une pluralité de blocs ;
  - 10      - calcul de la FFT de chaque bloc ;
  - détermination des fréquences des blocs d'image, à partir de ladite FFT ;
  - application de filtres de Gabor de paramètres déterminés par lesdites fréquences ;
  - 15      - détermination des orientations de l'image à partir des images filtrées issues de l'étape précédente.

2. Procédé d'amélioration d'une image d'empreinte digitale selon la revendication 1, caractérisé en ce que  
20   lesdits blocs comprennent des zones de chevauchement.

3. Procédé d'amélioration d'une image d'empreinte digitale selon la revendication 1, caractérisé en ce que  
25   lesdites fréquences des blocs sont déterminées par la fréquence la plus importante dans une bande de fréquence de plus haute énergie.

4. Procédé d'amélioration d'une image d'empreinte digitale selon la revendication 1, caractérisé en ce que  
30   ladite étape de détermination des fréquences des blocs d'image comprend en outre une étape d'évaluation de la pertinence du calcul des valeurs desdites fréquences.

5. Procédé d'amélioration d'une image d'empreinte digitale selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite étape de détermination des orientations de l'image comprend en outre une étape d'évaluation de la pertinence du calcul des valeurs desdites orientations.

6. Procédé d'amélioration d'une image d'empreinte digitale selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'en cas de non-pertinence d'une desdites fréquences, ladite fréquence est recalculée à partir d'une fonction de la FFT initiale.

7. Procédé d'amélioration d'une image d'empreinte digitale selon la revendication 6, caractérisé en ce que la non-pertinence d'une desdites fréquences est évaluée par rapport à un seuil prédéterminé.

8. Procédé d'amélioration d'une image d'empreinte digitale selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites filtres de Gabor ont pour paramètres d'orientation  $0^\circ$ ,  $22,5^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $67,5^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $112,5^\circ$ ,  $135^\circ$ , et  $157,5^\circ$ .

9. Procédé d'amélioration d'une image d'empreinte digitale selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite étape de détermination des orientations comprend les étapes consistant à :

- reconstituer des images à partir desdits filtrages de Gabor desdits blocs ;
- calculer l'intensité moyenne de chaque image filtrée pour des zones de taille prédéterminée ;
- créer une nouvelle image d'orientation contenant l'orientation du bloc de plus forte intensité ;

- créer une nouvelle image de qualité contenant l'intensité du bloc de plus forte intensité ;
- filtrer ladite image des orientations.

5        10. Procédé d'amélioration d'une image d'empreinte digitale selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des étapes de création d'une image finale fusionnée à partir desdites orientations, de binarisation et de squelettisation de ladite image finale fusionnée.

1/2

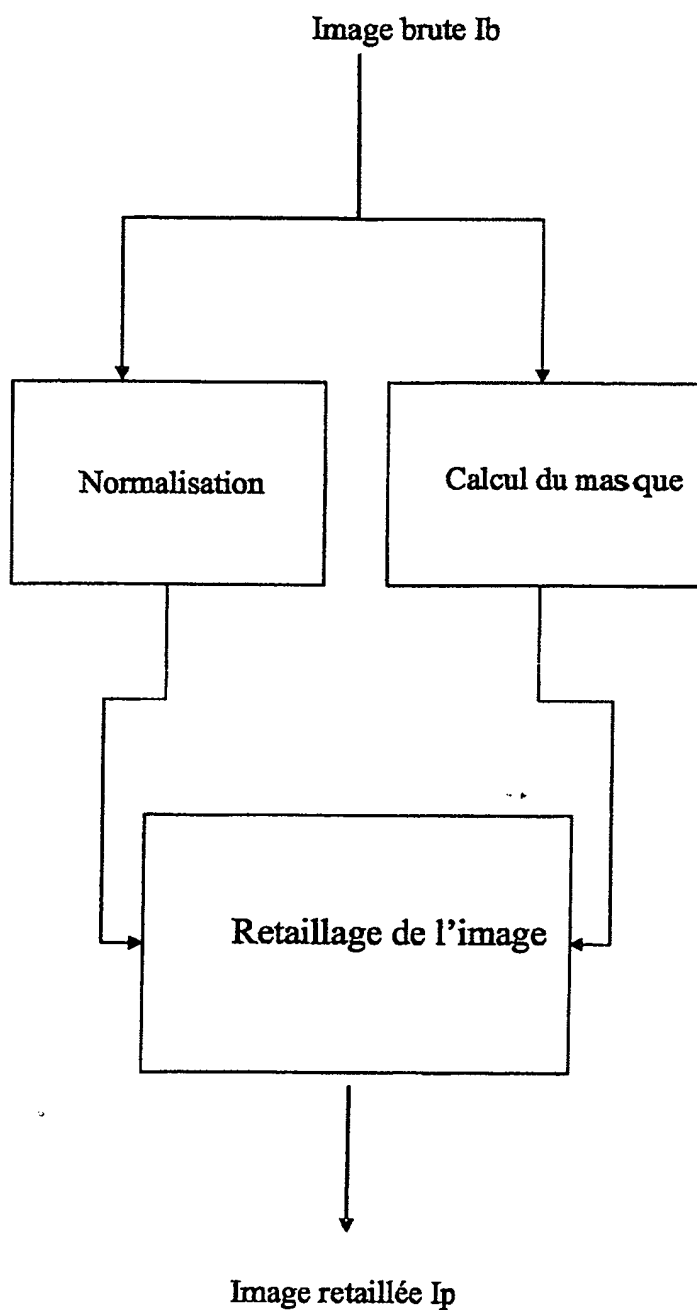


Figure 1

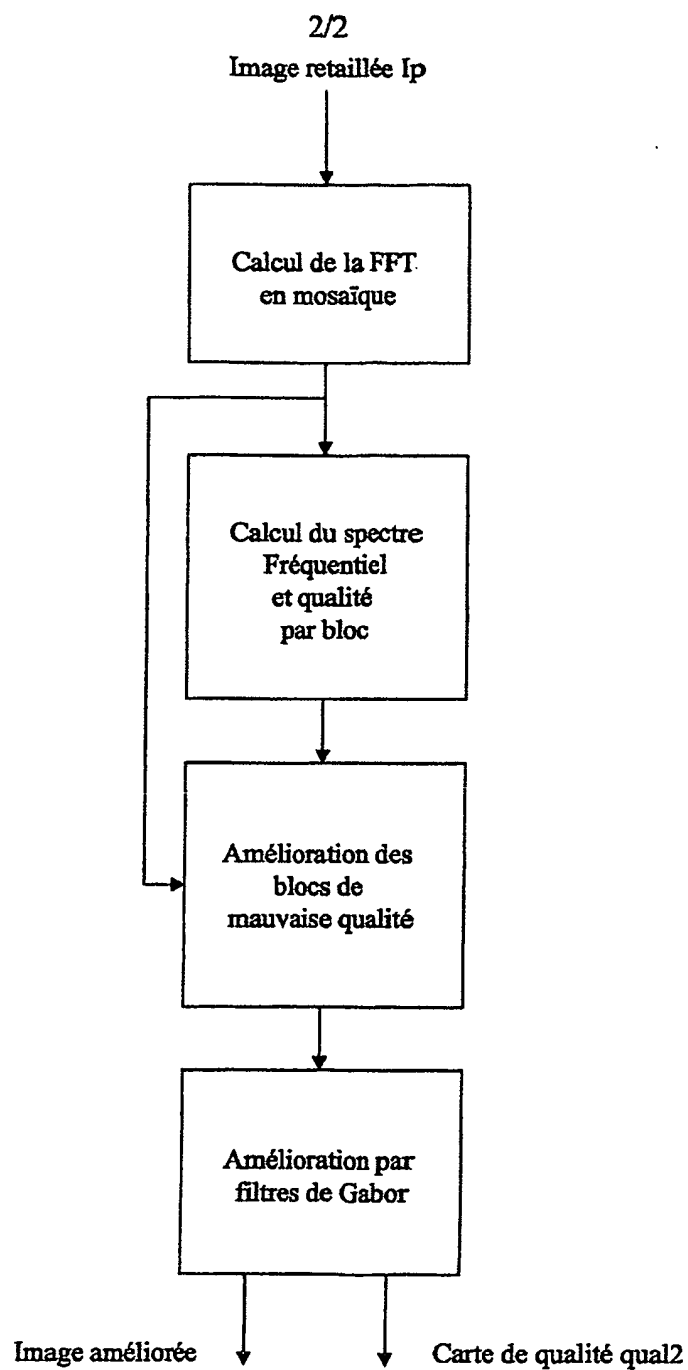


Figure 2



## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 G06T5/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G06T G06K

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	WO 03/079274 A (PHILIPS INTELLECTUAL PROPERTY ; SCHWARZ ALEXANDER (DE); SCHOLZE STEFFE) 25 septembre 2003 (2003-09-25) page 2, ligne 3 - ligne 5 page 3, ligne 15 - ligne 30 figures 4,5	1-5,8-10
Y	KAMEI T ET AL: "Image filter design for fingerprint enhancement" PROCEEDINGS INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTER VISION (CAT. NO.95TB100006) IEEE COMPUT. SOC. PRESS LOS ALAMITOS, CA, USA, 1995, pages 109-114, XP010151063 ISBN: 0-8186-7190-4 abrégé figure 3 * sections 3.1, 3.3, 3.5 * ----- -/-	1-5,8-10

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

## \* Catégories spéciales de documents cités:

\*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

\*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

\*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

\*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

\*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

24 mai 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

03/06/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

dos Santos, L

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>OKOMBI-DIBA B R ET AL: "Segmentation of spatially variant image textures"  PATTERN RECOGNITION, 2002. PROCEEDINGS.  16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON QUEBEC CITY, QUE., CANADA 11-15 AUG. 2002, LOS ALAMITOS, CA, USA, IEEE COMPUT. SOC, US, 11 août 2002 (2002-08-11), pages 917-920, XP010614029  ISBN: 0-7695-1695-X  page 918, colonne de gauche  page 919, colonne de droite, ligne 17 - ligne 18</p>	1-10
A	<p>US 5 926 555 A (ORT JAMES R ET AL)  20 juillet 1999 (1999-07-20)  abrégé  figure 6  colonne 14, ligne 31 - ligne 51  colonne 17, ligne 28 - ligne 62  colonne 18, ligne 47 - ligne 60</p>	1-10
A	<p>XUDONG JIANG: "Fingerprint image ridge frequency estimation by higher order spectrum"  PROCEEDINGS 2000 INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (CAT. NO.00CH37101)  IEEE PISCATAWAY, NJ, USA,  vol. 1, 10 septembre 2000 (2000-09-10), - 13 septembre 2000 (2000-09-13) pages 462-465, XP010530651  ISBN: 0-7803-6297-7  * section 2 *</p>	1-10
A	<p>KLIMANEE C ET AL: "On the design of 2-D Gabor filtering of fingerprint images"  CONFERENCE PROCEEDINGS ARTICLE,  5 janvier 2004 (2004-01-05), pages 430-435, XP010696866  abrégé  figure 5  page 432, colonne de gauche</p>	1-10
A	<p>HONG L ET AL: "FINGERPRINT IMAGE ENHANCEMENT: ALGORITHM AND PERFORMANCE EVALUATION"  IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, IEEE INC. NEW YORK, US,  vol. 20, no. 8, 1 août 1998 (1998-08-01), pages 777-789, XP000774452  ISSN: 0162-8828  * section 2 *</p>	1-10

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR2005/050010

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 03079274 A	25-09-2003	DE 10212277 A1	02-10-2003
		AU 2003209568 A1	29-09-2003
		EP 1488370 A1	22-12-2004
		WO 03079274 A1	25-09-2003
US 5926555 A	20-07-1999	US 5659626 A	19-08-1997
		US 5799098 A	25-08-1998